

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-269185

(P2000-269185A)

(43) 公開日 平成12年9月29日 (2000.9.29)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 L 21/3065

識別記号

F I

H 0 1 L 21/302

特許庁 (参考)

F

審査請求 未請求 請求項の数10 O L 外国語出願 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2000-30132(P2000-30132)

(22) 出願日 平成12年2月8日 (2000.2.8)

(31) 優先権主張番号 9901925

(32) 優先日 平成11年2月17日 (1999.2.17)

(33) 優先権主張国 フランス (F R)

(71) 出願人 591034154

フランス テレコム

FRANCE TELECOM

フランス国、75015 パリ、プラス・ダ
ルレ、6

(72) 発明者 オリバー・ジュベール

フランス、エフ-38240、メイラン、アリ
ー・デ・フレーヌ 17

(72) 発明者 デービッド・ファード

フランス、エフ-45700、ヴィルマンドウ
ー、リュ・デ・ロジエール 27

(74) 代理人 100081721

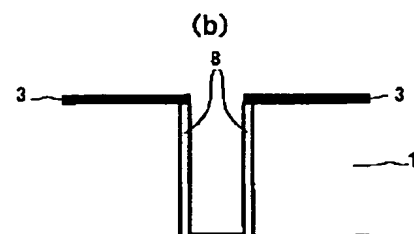
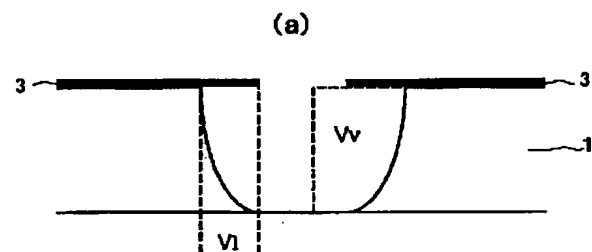
弁理士 岡田 次生

(54) 【発明の名称】 プラズマガスによる有機誘電ポリマー材料の異方性エッチング方法

(57) 【要約】

【課題】 プラズマガスによる有機誘電ポリマー材料の異方性エッチング方法及びマイクロエレクトロニクスへの応用。

【解決手段】 本発明による方法は、プラズマを用いて誘電有機ポリマー材料をエッチングすることからなり、そのプラズマのガス相は O_2/NH_3 、 O_2/H_2O 、 O_2/CH_4 、または O_2/H_2 からなる。集積回路における相互接続の線及びホールのエッチングに応用する。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 誘電有機ポリマー材料で作られた基板を、プラズマを用いて異方性エッチングする方法であって、該プラズマのガス相が O_2/NH_3 、 O_2/H_2O 、 O_2/CH_4 、または O_2/H_2 からなり、該ガスの混合濃度が体積で40%以下であることを特徴とする方法。

【請求項2】 ガスの混合が窒素(N_2)を付加的に含む請求項1に記載の方法。

【請求項3】 窒素の体積濃度が最大で40%または好ましくは最大で30%である請求項2に記載の方法。

【請求項4】 O_2/NH_3 のペアに関する O_2 の体積濃度が15%から30%まで変化する請求項1に記載の方法。

【請求項5】 O_2/H_2O のペアに関する O_2 の体積濃度が10%以下である請求項1に記載の方法。

【請求項6】 ガス相の気圧が13.3Paから5.5kPaまで変化する請求項1から5のいずれかに記載の方法。

【請求項7】 有機ポリマー材料の誘電率が4未満、または好ましくは3以下である請求項1から6のいずれかに記載の方法。

【請求項8】 ダマスク型構造における金属の相互接続の製造に関する方法であって、誘電有機ポリマー材料製の基板内のストップ層、及び基板表面上のハードマスクからなり、該ストップ層及び該ハードマスクが配列して配置されることにより相互接続の線及びホールを規定し、請求項1から7のいずれかに記載の方法によって該基板がエッチングされ、該基板内の相互接続の該ホール及び該線を形成し、導電性材料で該線及び該ホールを満たす方法。

【請求項9】 導電性材料が銅またはアルミニウムである請求項8に記載の方法。

【請求項10】 前記ホール及び該線を満たした後でさらに、機械的・化学的研磨による平坦化の段階を含む請求項8または9に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は酸素ベースプラズマ(oxygen-based plasma)を用いた誘電ポリマー材料(dielectric polymer material)層の異方性エッチング方法一般に関わる。

【0002】

【従来の技術】 現在、シリコンをベースとした超小型電子技術(microelectronics)における相互接続は、金属の線を形成するアルミニウム、及び金属の線間の絶縁誘電体としての酸化珪素(SiO_2)を使用して製造される。しかしながら、集積回路のサイズの減少、及びそれによるデバイスの動作速度の増大は、十分に改良された相互接続の形成に関する方策を必要とし、さもなければ、相互接続における信号の伝達時間によってデバイスの動作速度が制限される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 したがってこの問題を解決するために、アルミニウムをより低い抵抗値の導電材料に置き換える必要があり(例として銅)、そして酸化珪素より低い誘電率を持つ誘電体材料に置き換える必要がある。

【0004】 SiO_2 (想定される用途に使用する周波数で約4の誘電率を持っている)よりも低い誘電率を持つ幅広く多様な材料がある。低誘電率である材料の特に興味深い1つの種類が誘電ポリマー材料、特に純粋な有機誘電ポリマー材料である。適当なポリマー材料の例はSILKの名でDOW CHEMICALによって販売される材料であり、誘電率は約2.6である。

【0005】

【課題を解決するための手段】 線間の絶縁材料として誘電ポリマー材料のようなものを使う金属の相互接続線を作成するためには、最初に従来のフォトリソグラフィによって誘電材料ポリマーの層上にハードマスク(例としては酸化珪素 SiO_2)を作成することが必要であり、そのハードマスクは相互接続の線及びホールの、ディメンジョン(dimension)と形状を規定する。それから、ポリマー材料層に線及びホールのパターンをエッチングする。次にエッチングされた線及びホールは銅のような材料で満たされ、それから従来のように、その得られた構造が機械的・化学的研磨(PMC:mechanical-chemical polishing)によって、平坦化される。

【0006】 エッチング段階は集積回路を製造する方法において必要不可欠な操作であり、可能な限りまっすぐにエッチングされた側壁(sidewall)を得ることができなければならない(異方性エッチング)。

【0007】 さらに、エッチング段階に関する問題を理解するために、銅/誘電ポリマー材料のペアがいわゆる“ダマスク(damascene; 象目模様)”方法の使用と密接に関係することを心に留めることが重要であり、その“ダマスク”方法は線とホールを同時に生成し、規定することを可能とする。

【0008】

【発明の実施の形態】 このいわゆる“ダマスク”方法が図1のaからdに模式的に示される。

【0009】 図1のaは相互接続の線及びホールのエッチング前の従来の“ダマスク”構造を示している。

【0010】 図1のaに示すように、この構造は有機ポリマー材料層1の内部にストップ層1と2(例では酸化物 SiO_2 で作られる)を含み、相互接続のホール及び線を生成するように配列され、配置される。

【0011】 適当なパターンのハードマスク4が形成された後、相互接続のホール5、6及び線7がエッチングされ、図1のbに示される。

【0012】 次の段階はホール5、6及び線7内の金属(例として銅)の堆積(図1のc)であり、それから構

3

造の平坦化である(図1のd)。この金属の堆積のためには任意の従来の方法を使用することができる。例として化学蒸着法(chemical vapour deposition)がある。

【0013】含まれる形状因子(form factor)が大きいため、エッチング操作が複雑であり、線7及びホール5、6を同時にエッチングしなければならないことが図1のbから理解することができる。さらにエッチング方法はポリマー材料と層1の間の有効なエッチング選択性を実現することを可能としなければならない。例えば線7とホール6の間の相互接続(S)である。

【0014】線及びホールは酸素プラズマを用いて従来のエッチングをされ、高速なエッチング速度(high etch rate)及び有効なエッチング選択性の両方を可能とし、エッチングされる基板の表面に垂直にコントロールされる。

【0015】プラズマ内で観測される動力学は、一般的に一方では反応原子種(reactive atomic species)の生成開始における反応ガス(reactive gas)の解離現象、そしてもう一方ではガスのイオン化に帰するものであり、ガスのイオン化はプラズマ電位に関して負の電位にある基板表面に対して垂直にイオンを照射(ボンバードメント; bombardment)する陽イオンを生成する。

【0016】図2のa及びbを参照して、ポリマー材料層をプラズマエッチングする実際の操作を述べる。

【0017】ハードマスク3を用いてポリマー材料層1をプラズマエッチングする作用は、層1に対して垂直方向である垂直エッチング速度 V_v と、エッチングされた側壁方向に向かう自発的横方向エッチング速度 V_l に分けることができ、 V_l はイオン照射に支配されない。図2のaに示すように、ポリマー材料1のエッチングは横方向エッチング V_l の作用のために等方性エッチング断面を持つ。

【0018】実際の問題として、異方性エッチング断面を得るためには、エッチングされた側壁の自発的なエッチングの原因となる反応種の流量(flux)と比較して基板に照射するイオンの流量を増加させることが必要である。

【0019】酸素プラズマ(oxygen plasma)中に存在する中性酸素原子とポリマーの非常に高い反応性は純酸素プラズマ(pure-oxygen plasmas)の使用を非常に困難にさせる(基板温度が20℃付近に維持されるとき)。どんなプラズマ状態で使用されようとも、酸素プラズマにおいて得られるポリマーエッチング断面は異方性ではない。図2のaに示されるようなエッチング断面がしばしば観測される。横方向のエッチングの発生を避けるために、プラズマ状態と組み合わせて化学的エッチング

(特に酸素ベースのもの)を使用することが好ましく、このエッチングは図2のbのように、ポリマー材料層1のエッチングされたホールまたは線の側壁上にパシベーション層8(passivation layer)の形成を可能とす

(3)

特開2000-269185

4

る。このパシベーション層8はポリマーの自発的な横方向のエッチングを生ずる反応をブロックすることが可能であり、この結果として異方性エッチングが得られる。

【0020】プラズマエッチングにおいて、パシベーション層は不揮発性または低揮発性化合物から形成され、それらの化合物はエッチングガスの分解またはエッチングの反応生成物のどちらかから生じる。これらの低揮発性生成物は(エッチングガスの分解から発生する時)プラズマのガス相から材料の側壁上に堆積されるか、またはプラズマのイオン照射による反応層のスパッタリングから生じる。後者の場合、イオン照射は低揮発性エッチング反応生成物の形成につながり、側壁のパターン上にそれらをスパッタする。どのような低揮発性生成物の形成メカニズム(エッチングガスの分解または反応層のスパッタリング)ですら、不揮発性生成物はパターンの照射されない表面(エッチングされた側壁)にしか堆積しない。

【0021】前述したように、銅または可能ならばアルミニウムのような金属の堆積段階がダマスク型方法におけるポリマー材料のエッチング段階の次に続く。したがって、金属はポリマーの側壁及び特にパシベーション層と接触する。このためパシベーション層は金属に対し化学的に不活性であることが最も重要である。とりわけ金属とパシベーション層の間の腐食反応は避けなければならない。

【0022】それ故に、プラズマエッチングのガス相は堆積した金属と腐食反応を生じる元素を含まないことを必要とする。

【0023】さらに、プラズマのガス相はエッチングされたポリマー材料の電気的特性を損なう元素または化合物を含んではならない。

【0024】最後に、エッチング段階を完全に安全に実行できることが非常に好ましい。

【0025】したがって、本発明は、プラズマエッチングに関する方法であり、特に酸素ベースのプラズマを用いて、異方性、及び非腐食、並びに危険性がほとんど無い、ポリマー材料層のプラズマエッチングの方法を課題とする。

【0026】本発明によれば、有機誘電ポリマー材料層の異方性エッチングに関する方法は、プラズマを用いたポリマー層の異方性エッチングを含み、そのプラズマのガス相は O_2/NH_3 、 O_2/H_2O 、 O_2/CH_4 、又は O_2/H_2 からなる。

【0027】ガスの混合を説明すると、 O_2 濃度は一般的に体積で40%以下である。この値は特に O_2/NH_3 及び O_2/H_2O の混合に関してのものであり、 O_2/NH_3 の混合に関しては、 O_2 濃度は体積で30%未満が好ましく、そして、 O_2/H_2O に関しては体積で15%未満である。好ましいガスの混合は O_2/NH_3 及び O_2/H_2O であり、なぜならば危険性が低いためである。 O_2/NH_3 のペアに関して O_2 体積濃度は

5

15～30%変化してもよく、 O_2/H_2O のペアに関しては水分子内に酸素が存在するため0～10%変化してもよい。

【0028】これら全てのガスの混合に関して、少しの割合の窒素(N_2)をそれらに任意に加えてもよい。例としては体積で最大40%、そして好ましくは体積で最大30%である。

【0029】本発明におけるプラズマエッチング方法のためには、任意の従来のエッチング源(etching source)を使用することが可能であり、そのようなものにはRIE (reactive ion etching)及び高密度プラズマ源があり、とりわけ多結晶シリコンをエッチングするのに使う種類の任意のエッチング源(例として、LAMより販売されているLAM TCP、またはApplied Materialsから販売されるApplied DSP)がある。励起電力はシリコン基板の酸素プラズマエッチングに関する大きさと同程度であるのが一般的である(200mm基板で400～500W)。基板は一般的に室温(20℃)に保持されている。ガス相の全気圧は一般的に13.3Pa～5.5kPaであり、高密度プラズマ源の場合0.7kPa以下である。高密度プラズマ源の場合には、基板ホルダーに印加されるバイアス電力は、シリコンゲートのエッチングの場合に印加されるものよりも一般的に大きく、250～350Wである。

【0030】本発明の方法はエレクトロニクス分野における従来の相互接続の絶縁に使用する任意の既知の誘電有機ポリマー材料に適用され、とりわけ誘電率が4以下及び好ましくは3以下の有機ポリマー材料に適用される。

【0031】本発明はまた、上述した異方性エッチング方法を、特に銅またはアルミニウムで作られるダマスク型の構造における金属相互接続の製造に応用することに関する。

【0032】このダマスク構造は、誘電有機ポリマー材料で作られた基板内にストップ層を含み、そして基板表面にハードマスクを含んでおり、ストップ層とハードマスクは相互接続のホール及び線を規定するために構成される。

(4)

特開2000-269185

6

【0033】本発明によれば、ダマスク構造は本発明によるプラズマエッチング方法を用いてエッチングされ、上に述べたように、そのとき相互接続のホール及び線は銅のような金属で満たされる。この堆積は従来化学蒸着法によって実行することができる。相互接続の生成は次いで機械的研磨による平坦化の従来の段階によって完了する。

【0034】例

相互接続のホール及び線は本発明のプラズマエッチング方法を用いて生成された。基板はDOW CHEMICALによって販売されるSILK ポリマー材で作られ、厚さ1μmである。ハードマスクは厚さ0.15μmの SiO_2 層で作られた。プラズマエッチングは次の条件で実行された。

使用装置：APPLIED DPS

励起電力：400W

基板バイアス電力：300W

基板温度：20℃

O_2/NH_2 ガス相：20/80(体積%)

気圧：0.66Pa

20 エッチングは1.5分続けた(40%のオーバーエッチング時間)。直径0.3μm、深さ1μmの相互接続のホールが得られ、このホールの側壁は完全に直線であった。

【0035】

【発明の効果】異方性、非腐食、及び危険性の無い、酸素ベースのプラズマを用いたポリマー材料層のエッチングに関する方法が得られる。

【図面の簡単な説明】

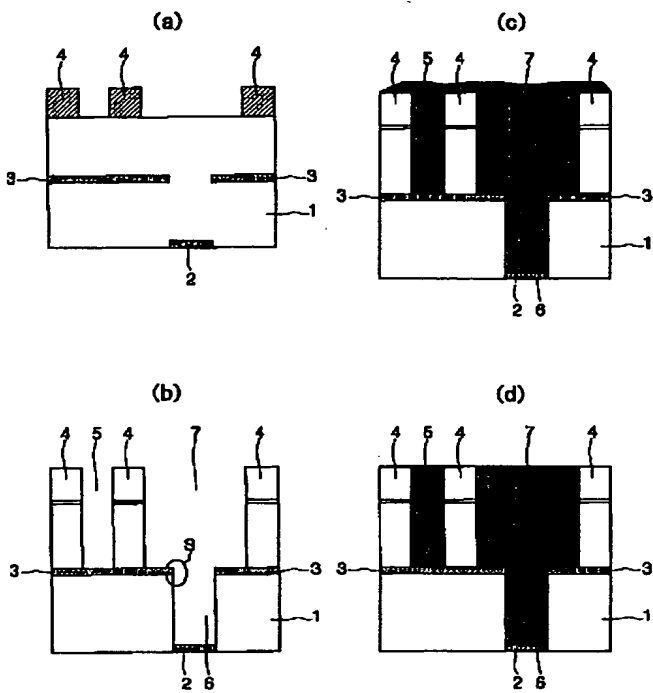
【図1】aはエッチング前の基板断面図、bはエッチング後の基板断面図、cは金属の堆積後の基板断面図、dは平坦化後の基板断面図である。

【図2】aは等方性エッチングされた基板を示す図であり、bは異方性エッチングされた基板を示す図である。

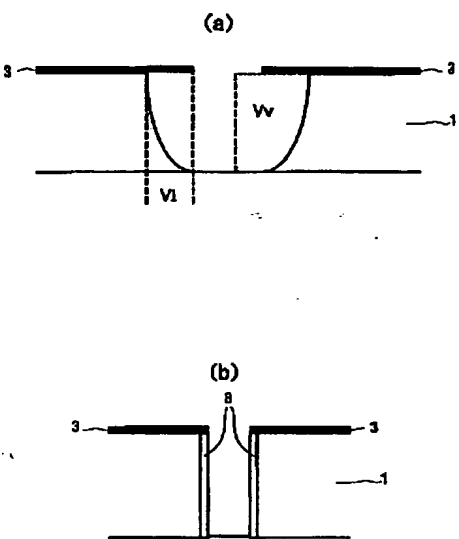
【符号の説明】

- 1 誘電ポリマー層
- 3 ハードマスク
- 8 パンペーション層

【図1】



【図2】



【外国語明細書】

1. Title of Invention

**Process for the anisotropic etching of an organic
dielectric polymer material by a plasma gas and
application in microelectronics.**

2. Claims

1. Process for the anisotropic etching of a substrate made of dielectric organic polymer material by means of a plasma, characterized in that the gas phase of the plasma consists of O_2/NH_3 , O_2/H_2O , O_2/CH_4 or O_2/H_2 , the oxygen concentration of the gas mixtures being less than 40% by volume.

2. Process according to Claim 1, characterized in that the gas mixtures additionally comprise nitrogen (N_2).

3. Process according to Claim 2, characterized in that the nitrogen volume concentration is at most 40% and even better at most 30%.

4. Process according to Claim 1, characterized in that the O_2 volume concentration for the O_2/NH_3 pair varies from 15% to less than 30%.

5. Process according to Claim 1, characterized in that the O_2 volume concentration for the O_2/H_2O pair is equal to or less than 10%.

6. Process according to any one of Claims 1 to 5, characterized in that the pressure of the gas phase varies from 13.3 Pa to 5.5 kPa.

7. Process according to any one of the preceding claims, characterized in that the organic polymer material has a dielectric constant of less than 4, preferably equal to 3 or less.

8. Process for the fabrication of metal interconnects in a damascene-type structure, comprising stop layers in a substrate made of dielectric organic polymer material and a hard mask on one surface of the substrate, the stop layers and the hard mask being configured and placed so as to define interconnect lines and holes, characterized in that the substrate is etched by the process according to any one of Claims 1 to 7 in order to form interconnect holes and lines in the

substrate and in that it comprises the filling of the lines and holes with a conductive material.

9. Process according to Claim 8, characterized in that the conductive material is copper or aluminium.

10. Process according to Claim 8 or 9, characterized in that it furthermore comprises, after the holes and lines have been filled, a step of planarization by mechanical-chemical polishing.

3. Detailed Description of Invention

The present invention relates in a general way to a process for the anisotropic etching of a layer of a dielectric polymer material by means of an oxygen-based plasma.

At the present time, interconnects in silicon-based microelectronics are produced using aluminium to form the metal lines and silicon oxide (SiO_2) as the insulation dielectric between the metal lines. However, reducing the size of integrated circuits, and therefore increasing the operating speed of the devices, requires the strategy for interconnect formation to be significantly modified, or else the operating speed of the device will be limited by the propagation time of the signals in the interconnects.

To solve this problem, it is therefore necessary to replace the aluminium with a conductive material of lower resistivity, for example copper, and the silicon oxide with a dielectric material having a lower dielectric constant.

There are a wide variety of materials having a dielectric constant lower than SiO_2 (which has a dielectric constant of about 4 at the frequencies used for the envisaged applications). One particularly interesting class of materials having a low dielectric constant is that of dielectric polymer materials, in particular purely organic dielectric polymer materials. An example of a suitable polymer material is the material sold by DOW CHEMICAL under the name SILK[®] which has a dielectric constant of about 2.6.

In order to produce the metal interconnect lines using such dielectric polymer materials as insulation material between the lines, it is necessary firstly to

produce, on a layer of the dielectric polymer material, by conventional photolithography, a hard mask, for example of silicon oxide SiO_2 , which defines the dimensions and shapes of the interconnect lines and holes, and then to etch the pattern of lines and holes in the layer of polymer material. Next, the etched lines and holes are filled with a material, such as copper, and then, as is conventional, the structure obtained is planarized by mechanical-chemical polishing (PMC).

The etching step is an essential operation in the process for fabricating integrated circuits and must be able to obtain etched sidewalls as straight as possible (anisotropic etching).

Furthermore, in order to understand the problems associated with the etching step, it is important to bear in mind that the copper/dielectric polymer material pair is intimately associated with the use of the so-called "damascene" process which makes it possible to define and produce lines and holes simultaneously.

This so-called "damascene" process is shown schematically in Figures 1a to 1d.

Figure 1a shows a conventional "damascene" structure before the interconnect lines and holes have been etched.

As shown in Figure 1a, this structure comprises, within the layer 1 of organic polymer material, stop layers 1 and 2, for example made of oxide SiO_2 , which are configured and positioned so as to produce interconnect holes and lines.

After a hard mask 4 of suitable pattern has been formed, the interconnect holes 5, 6 and the interconnect line 7 are etched, as shown in Figure 1b.

The next step is the deposition of metal (for example Cu) in the holes 5, 6 and the line 7 (Figure 1c) and the planarization of the structure (Figure 1d). In

order to deposit this metal, any conventional method may be used, for example chemical vapour deposition (CVD).

It may be seen from Figure 1b that the line 7 and the holes 5, 6 must be etched simultaneously, something which complicates the etching operation since the form factors involved are large. Moreover, the etching process must make it possible to achieve significant etching selectivity between the polymer material and the layer 1, for example at the intersection (S) between the line 8 and the hole 7.

The lines and holes are conventionally etched by means of an oxygen plasma which allows both high etch rates and significant and controlled directivity along the normal to the surface of the etched substrate.

The kinetics observed in plasmas are generally attributed, on the one hand, to a phenomenon of dissociation of the reactive gas at the start of the production of reactive atomic species and, on the other hand, to the ionization of the gas, which produces positive ions allowing ion bombardment normal to the surface of the substrate which is at a negative potential with respect to the potential of the plasma.

The actual operation of plasma-etching a layer of polymer material will now be described with reference to Figures 2a and 2b.

The action of plasma-etching a layer 1 of polymer material by means of a hard mask 2 may be decomposed into a rate of vertical etching V_v in a direction normal to the layer 1 and a rate of spontaneous lateral etching V_l , directed towards the etched sidewalls not subjected to the ion bombardment. As shown in Figure 2a, the etching of the polymer material 1 has an isotropic etching profile due to the action of the lateral etching V_l .

In practice, in order to obtain an anisotropic etching profile, it is necessary to increase the flux of

ions bombarding the substrate compared with the flux of reactive species responsible for the spontaneous etching of the etched sidewalls.

The very high reactivity of polymers with the neutral oxygen atoms present in an oxygen plasma makes it very difficult to use pure-oxygen plasmas (when the temperature of the substrate is maintained close to 20°C). The polymer-etching profiles obtained in an oxygen plasma are not anisotropic, whatever the plasma conditions used. Etching profiles like that shown in Figure 2a are often observed. To avoid the appearance of lateral etching, it would be desirable to use an etching chemistry, particularly an oxygen-based one, which, combined with the plasma conditions, allows the formation, as in Figure 2b, of a passivation layer 3 on the sidewalls of the hole or of the line etched in the layer of polymer material 1. This passivation layer 3 must allow the reactions causing spontaneous lateral etching of the polymer to be blocked and therefore anisotropic etching to be obtained.

In plasma etching, a passivation layer is formed from non-volatile or low-volatility compounds which come either from the decomposition of the etching gases or from the reaction products of the etching. These low-volatility products are deposited on the sidewalls of the material from the gas phase of the plasma (when they originate from the decomposition of the etching gas) or come from the sputtering of the reactive layer by the ion bombardment of the plasma. In the latter case, the ion bombardment is conducive to the formation of low-volatility etching reaction products and sputters them onto the sidewalls of the patterns. Whatever the mechanism of formation of the low-volatility products (decomposition of the etching gas or sputtering of the reactive layer), the non-volatile products accumulate

only on the unbombarded surfaces of the patterns (the etched sidewalls).

As indicated previously, in a damascene-type process, the step of etching the polymer material is followed by a step of depositing a metal such as copper or possibly aluminium. The metal is therefore in contact with the sidewalls of the polymer and in particular with the passivation layer. It is therefore paramount that the passivation layer be chemically inert with respect to the metal. In particular, corrosion reactions between the metal and the passivation layer must be avoided.

Consequently, it is necessary for the gas phase of the etching plasma to be free of elements capable of generating corrosion reactions with the metal deposited.

Furthermore, the gas phase of the plasma must also not contain elements or compounds capable of impairing the electrical properties of the etched polymer material.

Finally, it is extremely desirable for the etching step to be able to be carried out in complete safety.

The subject of the present invention is therefore a process for the plasma etching, particularly using an oxygen-based plasma, of a layer of polymer material which is anisotropic, non-corrosive and preferably without any danger.

According to the invention, the process for the anisotropic etching of a layer of organic dielectric polymer material comprises the anisotropic etching of the polymer layer by means of a plasma whose gas phase consists of O_2/NH_3 , O_2/H_2O , O_2/CH_4 or O_2/H_2 .

In the gas mixtures mentioned, the O_2 concentration is generally less than 40% by volume. In particular, for O_2/NH_3 and O_2/H_2O mixtures, the O_2 concentration is preferably less than 30% by volume for the O_2/NH_3 mixture and 15% by volume for the O_2/H_2O mixture. The preferred gas mixtures are O_2/NH_3 and O_2/H_2O because of their low

danger level. Also preferably, for these mixtures, the O_2 volume concentration may vary from 15 to 30% for the O_2/NH_3 pair and from 0 to 10% for the O_2/H_2O pair, because of the presence of oxygen in the water molecule.

For all these gas mixtures, a small proportion of nitrogen (N_2), for example up to 40% by volume and preferably up to 30% by volume, may optionally be added thereto.

For the plasma etching process according to the invention, it is possible to use any conventional etching source such as RIE (Reactive Ion Etching) and high-density plasma sources, particularly any etching source of the type used for etching polycrystalline silicon (for example LAM TCP, sold by LAM, or Applied DPS, sold by Applied Materials). The excitation power is generally of the same order of magnitude as for the oxygen-plasma etching of a silicon substrate (400 to 500 W for 200 mm substrates). The substrate is generally maintained at room temperature (20°C). The total pressure of the gas phase is generally from 13.3 Pa to 5.5 kPa and less than 0.7 kPa in the case of a high-density plasma source. In the case of a high-density plasma source, the bias power applied to the substrate holder is generally greater than that applied in the case of the etching of a silicon gate, and is from 250 to 350 W.

The process of the invention may apply to any known dielectric organic polymer material conventionally used for the interconnect insulation in the electronics field and in particular to an organic polymer material having a dielectric constant of less than 4 and preferably about 3 or less.

The present invention also relates to the application of the anisotropic etching process described above for the fabrication of metal interconnects, particularly made of copper or aluminium, in a damascene-

type structure.

This damascene structure comprises stop layers in a substrate made of dielectric organic polymer material and, on the surface of the substrate, a hard mask, the stop layers and the hard mask being configured in order to define the interconnect holes and lines.

According to the invention, the damascene structure is etched using the plasma etching process according to the invention, described above, and then the interconnect holes and lines are filled with a metal such as copper. This filling may be conventionally carried out by chemical vapour deposition.

Production of the interconnects is then completed by a conventional step of planarization by mechanical-chemical polishing.

EXAMPLE

Interconnect holes were produced using the plasma etching process of the invention.

The substrate was made of SILK[®] polymer material, sold by DOW CHEMICAL and had a thickness of 1 μm .

The hard mask was made of a layer of SiO_2 with a thickness of 0.15 μm .

The plasma etching was carried out under the following conditions:

Apparatus used : APPLIED DPS

Excitation power : 400 W

Bias power of the substrate : 300 W

Temperature of the substrate : 20°C

O_2/NH_3 gas phase : 20/80 by volume

Pressure : 0.66 Pa.

The etching lasted 1.5 minutes (with a 40%

overetching time).

Interconnect holes having a diameter of 0.3 μm and a depth of 1 μm were obtained, the sidewalls of which were perfectly straight.

4. Brief Description of Drawings

This so-called "damascene" process is shown schematically in Figures 1a to 1d.

The actual operation of plasma-etching a layer of polymer material will now be described with reference to Figures 2a and 2b.

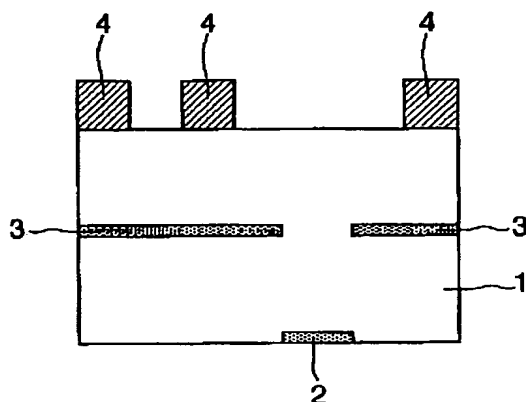
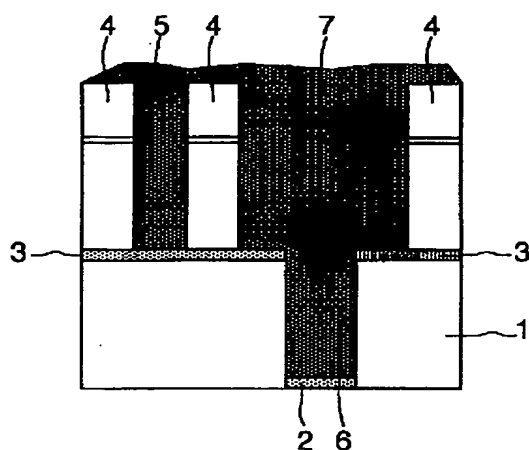
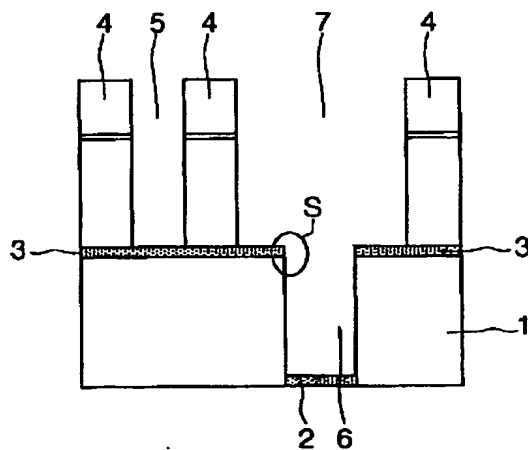
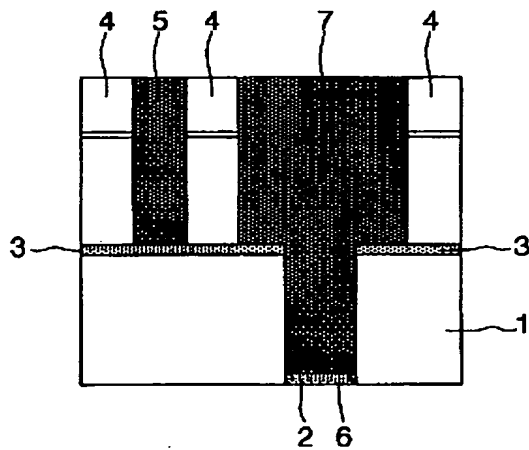
FIG.1aFIG.1cFIG.1bFIG.1d

FIG.2a

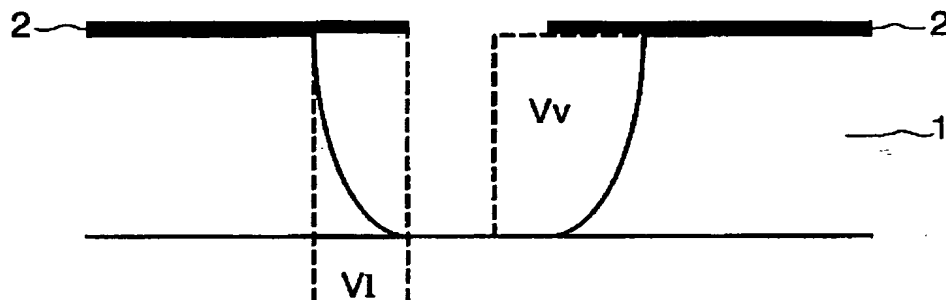
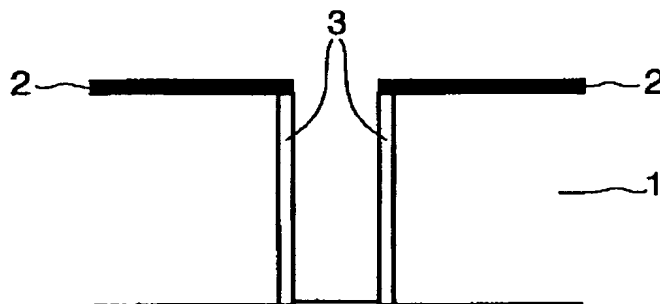


FIG.2b



1. Abstract

The process according to the invention consists in etching a dielectric organic polymer material by means of a plasma whose gas phase consists of O_2/NH_3 , O_2/H_2O , O_2/CH_4 or O_2/H_2 .

Application to the etching of the interconnect lines and holes of integrated circuits.

2. Representative drawing

Fig. 1d

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.